

AO

5주. 르네상스 시기의 과학과 과학혁명 개관

과학사 및 과학철학 협동과정 2004-20309 정동욱

Steven Shapin, *The Scientific Revolution* (Chicago, 1996). 번역본 『과학혁명』.

과학혁명의 실체같은 것은 없다.

특별한 관심. 첫째, 자연관의 기계론화. 즉 자연의 변화 과정들과 현상을 설명하기 위해 기계론적인 비유를 더욱더 많이 사용하게 된 점. 둘째, 자연지식의 객관화. 인간의 주관과 자연의 객관 사이에 증대하는 차이. 셋째, 지식을 만들어 내는 과정의 의도적인 기계론화. 지식생산 통제를 위한 방법론적 규칙들에 대한 관심. 넷째, 윤리적·사회적·정책적 목적을 위해 새로운 자연지식을 이용하려던 열정.

1장. 지식이란 무엇인가?

자연에 대한 기계론적 비유 및 자연의 수학적화의 갈등(?). 1차/2차적 성질의 구분.

갈릴레오의 흑점 관찰. 정통적 학설이라고 당연히 여겨서는 안되며, 믿을 만한 관찰과 수학적 추론의 결과에 따라 사고해야 한다고 주장. 천체와 지구의 자연법칙은 동일하다고 주장. 지구의 현상과 운동에 대한 일반적 연구가 자연의 보편성을 이해하는 데 도움을 줄 것임을 암시. (이것은 지구의 사물이 갖고 있는 불완전함과 변동성이 하늘의 현상을 이해하기 위한 근거가 된다는 뜻은 아님.) 한편, 근대 자연철학자들은 인위적인 실험을 통해 얻어진 지구상의 결과를 통해 사물이 본질적으로 어떤 특징을 보이는지 올바르게 알 수 있다고 주장.

인간 지식이 발전할 수 있다는 낙관론 퍼짐. (신세계) 베이컨의 『위대한 부활』 “그 이상도 있다”

인간중심적 우주론에 대한 도전. 코페르니쿠스 체계. 무한 우주. 17세기 자연철학자들, 사물에 본성에 의한 (목적론적) 설명 부정.(홉스) 기계와 자연의 동일시. 베이컨 “인공물은 형태나 내용 면에서 자연의 것과 다르지 않으며... 사물이 발생시키는 효과면에서도 그것이 인위적 수단으로 만들어졌건 아니건 간에 문제가 되지 않는다.” 가생디 “자연의 사물에 관하여, 우리는 우리 자신이 만들어낸 사물을 연구하는 것과 같은 방식으로 연구한다.” 데카르트 “인간이 만든 기계와 자연적으로 만들어진 기계 사이에는 차이점이 없다.” 시계에 대한 비유! 보일, 자연계를 가리켜 “한마디로 거대한 시계 운동의 일부” 보일의 흡입펌프. 토리첼리의 펌프 원리 설명.

르네상스 자연주의: 자연계 고유의 역동적인 힘에 고취됨으로써 유일하게 완벽한 초자연적인 실체로 여겨왔던 신의 역할 부정. 이들의 문제점은 본질적으로 활동적인 물질 관념이었고, 근본적인 해결책은 물질을 수동적이고 비활동적인 것으로 설명하는 것. 즉, 자연에 대해 기계론적으로 설명. 물질을 수동적인 것으로 설명함으로써 자연적인 것과 초자연적인 것의 구별을 유지할 수 있었음.

보일의 기계론적 철학에는 물질과 운동이라는 ‘두 개의 대원칙’만 존재. 그러나 기계론적 철학자들 사이의 원칙 합의에도 불구하고, 자연현상에 대한 기계론적 설명의 특성과 내용은 학자마다 상당히 달랐음. 데카르트에 비해 보일은 매우 신중. 미세기계론적 설명의 가능성에 대해서 확신과 의심 반반. 1차적 성질과 2차적 성질의 구분에 합의. 그러나 그 형태는 조금씩 달랐음. 아리스토텔레스의 ‘본질적인 형상’을 비웃었지만, 기계론적 설명이 모든 것에 만족스러운 것은 아니었음. 기계론적 설명이 다른 대안들보다 전체적으로 월등하고, 더욱 명료하다는 지지자들의 신념은 추상적인 철학적 의미로 설명되기보다는 역사적 의미로 설명되어야.

자연의 실체의 수학적 구조에 대한 논란. 케플러. 뉴턴의 프린키피아. 세계라는 기계는 형식상 수학적이고 수학 언어에 의해 표현될 수 있는 법칙을 따랐다. 수학과 기계론은 올바른 자연철학에 대한 새로운 정의로서 융합. 그의 업적은 당시 많은 사람들로부터 기계론적 철학의 완성이라는 평가를 받았지만, 과연 그러한지에 대해서는 논란의 여지 있음. 우주의 수학적화는 기계론적이고 물질적인 혹은 그 밖의 형태의 원인에 대한 탐구와 대립할 수도 있었음. 라이프니츠의 비난. 원거리 인력의 경우, 신비주의로 간주. 따라서, 뉴턴의 업적이 기계론적 철학의 정점이니, 신비주의적 성질의 재도입으로 기계론적 철학을 훼손한 것인지, 아니면 새로운 철학의 기준으로 판단해야 하는 새로운 연구를 창조한 것인지는 쉽게 결론을 내릴 수 없다.

2장. 지식은 어떻게 획득되는가?

‘새로운’의 유행. 고대의 책. 성서. 그 외에 ‘자연이라는 책’ 강조. “사람이 아닌 자연의 증언에 의지하라, 말보다 사물을 지식의 근원으로 삼아라, 다른 누구의 말보다 자신의 눈과 이성이 목격한 증거를 우선시하라.” 근대 경험주의의 기본적인 관념이 있다. 지적 개인주의의 권장. 기존 믿음과 권위 거부. 그러나...

개인주의적 경험주의라는 수사적 용어의 의미는 근대 초기의 학자들에게는 지금과 비교해 순수하지도 자명하지도 않았다. 망원경 관찰의 신뢰성 문제. (도구의 사용에는 훈련과 그에 대한 권위 필요)

한편, 과거에 대한 관념 문제. 과거에는 ‘순수하고 타락하지 않은 지식’을 갖고 있었다는 관념. 지적 진보가 한 방향으로 누적된다는 발상은 아직 생소한 것이었음. 정화를 통한 진보. 타락한 지식 정화 운동. 르네상스 인문주의. 전해진 문헌의 불완전함 보완 위해 ‘직접적으로 자연의 증거를 수반’해야한다는 생각 생겨남.

신에 의해 쓰여진 두 권의 책. ‘성서’와 ‘자연이라는 책’. 종교개혁. 교회를 통하지 말고 직접 성서를 읽자.

신세계 발견과 르네상스. 과거의 지식이 (그 자체로) 불완전함 주장하게 됨. 베이컨 “구시대에는 정말로 낡은 것으로 보아야 한다.... 진리는 분명히 권위가 아닌 시간의 소산이다.” 우리는 근대적 존재라는 이유만으로 고대인보다 더 많이, 더 잘 알고 있다. 이렇듯 지적 진보라는 관념은 역사적으로 당연한 것이 되었다.

“스스로 경험하라. 언어도 전통도 권위도 아닌 사물에 유념하라” 원칙 합의. 그러나 어떤 종류의 경험? 어떤 경험이 신뢰를 얻을 수 있는가? 경험에 대한 강조와 함께, 잘못 경험할 가능성도 강조. 인위적인 사태와 자연적인 사태에 대한 논란. 아리스토텔레스주의자들도 새로운 경험 수용. 허위와 진짜 구별 필요. 따라서, 개혁된 자연철학에서 경험은 과거의 연구를 대체할 유력한 수단으로서 환영받았지만, 경험에 대한 기록은 그것들이 진짜인지 아닌지 그 여부에 관한 문제로 신중하게 검토되어야 했다. 자연철학이라는 집은 활짝 열려 있었지만, 그 집의 잘 꾸며진 방으로 들어가려면 엄청난 통제를 받았던 것이다. 대부분의 근대 학자들은, 경험의 기초적 역할을 날카롭게 지적하면서도 감각 고유의 신뢰할 수 없는 면을 빠짐없이 언급. 지식의 진보는 단지 감각의 확장 덕분이 아니라, 이성이나 기계적 도구, 그리고 확실하게는 감각 경험의 보고를 평가하는 실제적인 절차 등을 통한 감각의 수정 작업 덕분으로 여겨졌다. ‘누구’의 경험인가도 매우 중요. 분별력 없는 대중보다는 훈련된 관찰자 강조. 이들의 경험 강조는 수사학일수도. 물론 이러한 수사학은 그들의 자연철학을 정당화하고 신뢰성을 인정받는 데 이용.

공기펌프 실험. 실험도 자연의 일부. 신중한 결론. 인과적인 추측의 불확실성 인정. 보일, 인과적 이해를 추구하는 것이 경험적 자연철학에 어울리는 과제임을 인정했음에도 불구하고, 경험적 자연철학의 작업에서 전적으로 배제되어야 할 지식이 있었다. 특히 신학적, 도덕적, 정치적 사고는 배제. 한편, 지적 개인주의는 위험성. 지식은 공적이어야 함. 증인. 재현 가능케 하기 위한 상세한 보고서. 재현이 이루어지지 않았지만, 신뢰 획득.

데카르트, 홉스는 보일의 실험 프로그램에 회의적. 홉스의 주장: 확실한 근거 위에서 무엇이 진짜 원인인지 말하라. 그렇다면 철학자. 그렇지 않았면 자연현상에 대한 이야기꾼에 불과. 어쨌든, 왕립학회 실험 프로그램은 교조주의를 치료함으로써 자연철학을 개혁하려 했음. 이들은 이론적 설명이 가지는 잠정적이고 개인적인 성격 잘 이해했음. 이러한 분위기에서, 뉴턴의 초기 논문은 교조적으로 보였음. 뉴턴의 ‘참된 원인’, ‘확실성’, ‘결정적 실험’은 의심스러워보였음. 뉴턴은 개연성에 만족하지 않았고, 자연철학에서의 확실성에 대한 보일적인 한계로 수용하지 않았음. 그는 “어디에서나 떠들어대는 추측과 개연성 대신, 우리는 궁극적으로 위대한 증거에 의해 뒷받침되는 자연철학을 성취하게 될 것”이라고 희망했다.

뉴턴의 광학연구를 둘러싼 대립은 지식 생산전통이 17세기에 이르러 분열된 것임을 보여줌. 이론상의 신중함과 경험에 기반을 둔 과학의 개념이 이제는 이론적 확실성을 위해 실험적 방법뿐만 아니라 수학적 방법도 전개하는 과학 개념을 병합하였다. 머뭇거림은 야망으로, 자연의 구체적 특성에 대한 존경은 보편적으로 적용되는 이상화에 대한 탐구로, 수집가의 겸손은 추상화된 철학자의 자신감으로 나타났다. 어느쪽이 옳은가? 목표는 자연에 대한 올바른 철학적 지식이었다. 그러나, 그런 지식이 어떤 형태인지, 어떻게 얻어질 수 있는지에 대한 표현은 매우 달랐다.

3장. 과학은 무엇을 위해 존재하는가?

스콜라적 자연철학에 대한 불만. 논쟁을 좋아하는 스콜라적 생활방식은 수세기 동안 지속되어 왔다. 왜 이런 혼란성의 인식이 16세기 후반과 17세기, 특히 개선의 필요성과 함께 나타나게 되었는가?

학회와 장인 집단.

자연지식은 어디에 쓰였는가? 교회 vs 궁정. 중앙집권적인 정부. 수리과학이 가진 군사, 경제적 활용성 인식. 베이컨의

지식에 대한 실용적 인식. 지식은 통제되어야. 권력의 도구. 베이컨의 제안으로 학회들 생겨남. 첫째, 학구적이고 종교적인 관심보다는 오히려 시민의 관심사에 과학의 진보를 연결시키는 것을 목표로 삼았다. 둘째, 훈련된 집단적 노력의 중요성 강조. 셋째, 질서와 규칙 강조. (도시 신사들의 자연철학 접근) (그러나 실용과 자연지식의 관계는 잠재적)

자연철학은 종교적으로도 잘 이용되었다. 신의 말씀이 쓰여진 '자연이라는 책'을 탐구하는 자연철학자. 즉, 개혁적인 자연철학은 종교 분야에 '독립적으로' 기여 가능. 자연에 대한 기계론적 설명은 교리에 기여. 시계에 대한 비유(지적 설계자, 최초의 동인) 그러나 주지주의적 신(데카르트, 라이프니츠) vs 주의주의적 신(뉴턴). 이들(메르센느, 보일 등)은 '르네상스 자연주의'의 위험성 인식. 이들의 자연철학은 교회의 권위 세우는 데 이용 가능. 자신들은 '자연의 성직자' 기계론의 한계도 함께 보여줌으로써 신의 존재 주장. 신비주의는 여전히 남음. 자연의 모든 것을 기계로. 그러나 인간만은 예외 (데카르트). 근대의 유산.

* 과학은 그 역사적 발전과 사회적 관계에 있어 우리가 듣는 이야기들이 정확하든 않든 간에 분명히 우리가 가진 가장 믿을 만한 자연지식으로 남아있다. 과학은 또한 우리의 근대 정신문명을 구성하는 것 중 가장 존중받는 요소로 남아 있다. 나는 과학이 가치를 부여받기 위해 억지로 꿰맞추며 계속되는 신화와 전설로 끊임없이 변형되어야 하는지 잘 모르겠다. 그렇게 하는 것은 결국 과학혁명의 문화적 유산을 포기하는 행위가 될 것이다.

* 과학혁명의 실체가 없다? 무슨 뜻? 근대과학은 단일하지 않다?

Elizabeth L. Eisenstein, *The Printing Revolution in Early Modern Europe* (Cambridge: Cambridge University Press, 1983), pp. 185-252.

앞부분의 핵심 논지

보존력 : 필사본은 손상, 손실의 우려가 있다. 따라서 매우 조심스럽게 다루어야 할 희소재산. 인쇄술은 이를 양적으로 극복. 정치적 침탈에도 불구하고 그 국가의 언어로 인쇄된 출판물은 영구했으며 그러한 출판물의 유무가 자국 문자의 정착 및 문화의 보존의 성패와 큰 관련을 맺는 경우가 많았으며 민족주의의 탄생과도 연관된다. 인쇄물(성문화)은 같은 집단 내의 동질성을 강화(표준화)시키는 한편, 다른 집단 간의 벽을 강화(항구화)했다. 한편, 인쇄술의 정착은 개인의 발명 연구에 대한 보다 명확한 인식을 시켜 발명, 발견, 창조에 대한 권리 주장 촉구. 우선권 소유권 논쟁 촉발. 개인 명성에 대한 욕구 강화. 활자화된 명성은 연구하기 때문. 한편, 창작과 필사(표절)의 구분이 가능해진 것도 한 요인.

* 보존력은 고대 지식에 대한 태도 변화시킴. 보존력은 과거의 지식 속의 모순되는 부분을 잘라낼 수 있게 해줌. 고대에 대한 경외감이 사라짐. 상실된 고대 지식의 복원 추구에서 점점 새로운 지식의 추구로의 변화 추동.

확대와 보강 : 개인들은 알지 못하는 사이에 하나의 거대한 공동작업이 이루어진 셈. 증폭적인 피드백 효과. '기억'의 공유 및 활자화.

인쇄에서는 과거와의 거리 둘 수 있게 됨. 과거에 대한 문제제기와 함께 축적적 진보 가능해짐.

필사는 오류 계속 전달. 시간이 흐를수록 오류는 증가한다는 생각. 과거에 대한 주석달기. 그러나 수천권의 책이 지식의 보존과 확산 역할 담당. 그러면서 수정에서의 엄청난 영향 줌. 표준화를 위한 노력의 부산물로서 또한 피드백의 가능성으로 인해 오류 찾기 쉬워짐. 한편 오류수정을 넘어선 지식의 축적(지속적 업데이트) 가능해짐.

과학혁명

성서를 비롯한 고전의 범람을 일으킨 인쇄술은 초창기의 목적과는 다른 결과를 초래하게 된다. 참된 진리를 보여줄 것이라 기대되던 원전들은 기대와 달리 그들 사이의 모순 또는 자연과의 모순을 보여주었다. 결국 원전에 대한 추구가 도리어 원전에 대한 불신을 초래하면서 새로운 호기심 촉발시킴. 코페르니쿠스의 혁명은 새로운 관측에 의한 결과가 아니다. 그것은 오히려 과거의 기록물에 대한 엄밀한 독서에 의한 결과라고 해야 마땅하며, 이는 인쇄술 없이는 불가능한 일이었다. 한편, 티코는 새로운 관측 자료 또한 방대한 오래된 자료들을 이미 숙지함으로써 새로운 자료의 필요성을 느끼게 되어 엄밀한 관측자료를 남길 수 있었다. 또한, 케플러는 티코가 활용할 수

없었던 정교한 로그표를 사용할 수 있었고 다양한 우주론을 접할 수 있었다.

한편, 종교전쟁으로 인해 금서가 된 코페르니쿠스와 갈릴레오는 오히려 더 많은 명성과 함께 책의 성공을 거두게 된 인쇄술의 연결고리를 다시 한번 보여준다.

과학의 중심지 이동

David Stephan Lux and Harold J. Cook, "Closed Circles or Open Networks?: Communicating at a Distance during the Scientific Revolution," *History of Science* 36 (1998): 179-211.

사실(matter of fact)은 어떻게 신뢰를 얻는가? 증인의 신뢰도는 어떻게?

보일의 일반인 증인에 대한 강조. 지식있는 사람은 오히려 꾸며내기 쉬움.

그냥 아는 사람과의 약한 연결(weak tie)이 오히려 가족 등의 폐쇄된 집단 내의 강한 연결보다 신뢰 형성 및 확산에 유리. 증인의 다원성? 혁신은 집단의 중심보다 주변부에서 일어난다.

여행, 개인적 접촉, 그리고 신뢰성

여행은 지식이 교환되는 약한 연결 확립시켜줌. (eg. Hermann Busschoff의 mobibustion) mobibustion에 대한 소개가 약한 연결에 의해 몇 다리를 통해 연결되는 과정(의사->부인->Busshoff->아들->호이겐스->왕립협회)에서 직접 방문 또는 편지 교환을 통해 그 신뢰성 점점 이루어짐.

올덴버그는 대륙에서 영국으로, 홉스는 영국에서 대륙으로.

왕립협회의 Correspondence Committee: 외국인과의 접촉, 여행기를 통해 새로운 사실 입수. 직접 여행을 갔다오기를 강조하기도. 여행을 통해 입수한 정보에 대해, 그 신뢰도 점점 필요. 직접 방문을 통해 신뢰도 형성.

레벤후크와 호이겐스와의 관계 및 현미경 관찰에 대한 신뢰도. 그들은 협동연구를 하지 않았지만, 서로 신뢰.

정보의 확산

영국 왕립학회의 올덴버그는 네트워크의 노드 역할. 서신교환의 중심.

또한 다른 노드(Thévenot Academy)와 연결. 빠른 정보 전달 이루어짐.

formal institution으로 가는
21세기, 네트워크를
{ 특히 강력한
weak tie가
주요 관계이며
여행 중 접촉
social bonds
가장 흔함

새로운 제도적 형태, 그리고 개인적 교환의 붕괴

Thévenot Academy가 해체되고 파리 과학아카데미가 비밀주의에 기초해 활동하게 된 이후, 영국과 프랑스 간의 서신교환 끊김. 공식적으로 완결된 연구 내용만이 발표. 그 전에는 외부에 공개 안됨. 폐쇄적 집단의 형성은 그동안의 약한 연결을 잘라냄.

1669년 Francis Vernon이 파리 주재 영국 대사관의 비서로 임명되면서 프랑스의 Cassini 등과 약한 연결(weak tie) 재개되긴 했음.

Allen G. Debus, "Chemists, Physicians, and Changing Perspectives on the Scientific Revolution," *Isis* 89 (1998): 66-81.

역사서술의 문제

현재 사이비 과학으로 취급되는 것도 과학사에서 다루어야. 과거 과학자들의 철학적, 종교적, 신비주의적 이면을 살펴봐야 함. Yates, 헤르메스 전집에 주목하여 그것이 르네상스 및 과학혁명에 미친 영향 탐구. Pagel, 파라켈수스, 반헬몬트, 하비에 주목.

화학의 철학

15세기 & 16세기 철학

장기론: 작은 변화

16세기: 균형론 -> 장기론의 문제

파라켈수스: 연금술, 화학을 새로운 과학의 대표로 봄. 대학의 아리스토텔레스-갈레노스 전통 반대. '성서'와 '자연의 책' 강조. 과거의 문헌보다 야외에서, 실험실에서 습득되는 지식 강조.

medicine에 대한
체계적 연구의 영향

반헬몬트: 성서에 '불' 없음. 3원리설(염, 수은, 황) 주장. 4원소설 부정은 화학이론을 넘어 아리스토텔레스 체계의 다른 분야에도 영향. 자연의 많은 현상들을 화학적으로 설명. 의학의 4체액설 반대. 인체에 대한 연금술적 설명 및 그 치료를 위해 화학 이해 필수적이라 주장.

화학의 논쟁

갈레노스주의자 vs 파라켈수스주의자
purgative로서 안티몬의 적합성 논란.

로버트 플러드: 제임스 1세의 의사 겸 화학철학자. 대우주와 소우주의 조화. 케플러와의 논쟁(수학적 이상화 vs 헤르메스적 상징주의) 다른 학문에 비해 성서와 경험에 입각한 연금술이 더 우월하다고 주장. 메르센느 & 가상디 vs 플러드 & 하비. 순환론. 심장 격막 논쟁.(관찰의 적합성 논쟁) 플러드는 16세기 전반에 걸쳐 많은 영향. 왜? 어떻게?

사회적 요소

교육제도에 대한 논란.

플러드: 대우주와 소우주의 감응.. 새로운 연구 프로그램 주장.

반헬몬트: 전통주제 3년, 이후 4년간 자연 탐구, 화학적 연구 주장.

의학에서의 화학의 유용성. 의학부에 화학 교육 시작.

대부분 개신교. 리슬리의, 요크의 지지.

펠리페2세의 금서.

결론

반헬몬트 사망 후

보일과 뉴턴도 화학에 관심.

의학에 영향(수학적 분석 vs 기계적 설명)

18세기 계몽주의에 영향

화학 자체의 발전(기구, 약품, 개념 등)에 영향. 의학부에 편입되어 발전.

즉, 당시에는 상당한 영향력 행사했음.

Andrew Cunningham and Perry Williams, "De-centering the 'Big Picture': The Origins of Modern Science and the Modern Origins of Science," *BJHS* 26 (1993): 407-432.